

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑩ Offenlegungsschrift
DE 196 36 965 A 1

⑥1 Int. Cl.⁶:
H 01 J 65/04
H 01 J 61/52

②1 Aktenzeichen: 196 36 965.7
②2 Anmeldetag: 11. 9. 96
②3 Offenlegungstag: 12. 3. 98

DE 196 36 965 A 1

⑦1 Anmelder:

Patent-Treuhand-Gesellschaft für elektrische
Glühlampen mbH, 81543 München, DE

⑦2 Erfinder:

Vollkommer, Frank, Dr., 82131 Buchendorf, DE;
Hitzschke, Lothar, Dr., 81739 München, DE; Mücke,
Jens, 82343 Pöcking, DE; Siebauer, Rolf, 83620
Feldkirchen, DE

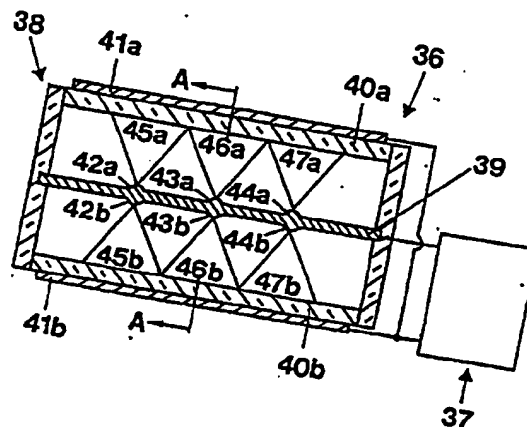
⑤5 Entgegenhaltungen:

DE 42 22 130 C2
DE 41 40 497 C2
DE 43 11 197 A1
DE 42 38 324 A1
DE 42 35 743 A1
DE 40 10 809 A1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Elektrische Strahlungsquelle und Bestrahlungssystem mit dieser Strahlungsquelle

⑤7 Eine Strahlungsquelle (36), insbesondere eine Entladungslampe, die für den Betrieb einer dielektrisch behinderten, gepulsten Entladung mittels eines Vorschaltgerätes (37) geeignet ist, weist mindestens eine vom Innern des Entladungsgefäßes durch dielektrisches Material (40a; 40b) getrennte Elektrode (41a, 41b) auf. Durch den gezielten Aufbau mindestens einer der Elektroden (39) und/oder des dielektrischen Materials (40a; 40b) sind Stellen zur lokalen Feldverstärkung geschaffen, derart, daß während des gepulsten Betriebs eine oder mehrere dielektrisch behinderte Einzelentladungen ausschließlich an diesen Stellen erzeugt werden, wobei pro Stelle höchstens eine Einzelentladung erzeugt wird. Die Stellen sind insbesondere durch lokal begrenzte Abstandsverkürzungen realisiert, z. B. in dem eine der Elektroden halbkugelförmige in Richtung zur Gegenelektrode orientierte Fortsätze (42a, 42b-44a, 44b) aufweist. Durch diese Maßnahme wird eine gleichmäßig über das Entladungsgefäß (38) verteilte und zeitlich stabile Entladungsstruktur hoher Nutzstrahlungseffizienz erzielt.



DE 196 36 965 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01. 98 702 071/556

13/23

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine elektrische Strahlungsquelle, insbesondere eine Entladungslampe, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1. Außerdem betrifft die Erfindung ein Bestrahlungssystem mit dieser Strahlungsquelle und mit einer Spannungsquelle gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 14.

Im Betrieb emittiert die Strahlungsquelle mittels einer dielektrisch behinderten Entladung inkohärente Strahlung. Eine dielektrisch behinderte Entladung wird dadurch erzeugt, daß eine oder beide der mit der Spannungsquelle verbundenen Elektroden der Entladungsanordnung durch ein Dielektrikum von der Entladung im Innern des Entladungsgefäßes getrennt ist bzw. sind (einseitig bzw. beidseitig dielektrisch behinderte Entladung).

Unter inkohärent emittierenden Strahlungsquellen sind hier UV(Ultraviolett)- und IR(Infrarot)-Strahler sowie Entladungslampen, die insbesondere sichtbares Licht abstrahlen, zu verstehen.

Strahlungsquellen dieser Art eignen sich, je nach dem Spektrum der emittierten Strahlung, für die Allgemein- und Hilfsbeleuchtung, z. B. Wohn- und Bürobeleuchtung bzw. Hintergrundbeleuchtung von Anzeigen, beispielsweise LCD's (Liquid Crystal Displays), für die Verkehrs- und Signalbeleuchtung, sowie für die UV-Strahlung, z. B. Entkeimung oder Photolytik.

Die Erfindung geht aus von der WO 94/23442 und der darin offenbarten Betriebsweise für dielektrisch behinderte Entladungen. Diese Betriebsweise verwendet eine im Prinzip unbeschränkte Folge von Spannungsimpulsen, die durch Totzeiten oder Pausenzeiten voneinander getrennt sind. Entscheidend für die Effizienz der Nutzstrahlungserzeugung sind unter anderem die Impulsform sowie die Zeitdauern der Puls- bzw. Totzeiten. Bevorzugt werden für diese Betriebsweise schmale, z. B. streifenartige Elektroden verwendet, die ein- oder zweiseitig dielektrisch behindert sein können. Stehen sich beispielsweise zwei längliche Elektroden parallel gegenüber, so wird eine Vielzahl gleichartiger, in Draufsicht, also senkrecht zur Ebene, in der die beiden Elektroden angeordnet sind, deltaähnlicher (Δ) Entladungsstrukturen erzeugt, die nebeneinander entlang der Elektroden aufgereiht sind und sich jeweils in Richtung der (momentanen) Anode verbreitern. Im Fall wechselnder Polarität der Spannungspulse einer zweiseitig dielektrisch behinderten Entladung erscheint visuell eine Überlagerung zweier deltaförmiger Strukturen. Da diese Entladungsstrukturen bevorzugt mit Wiederholffrequenzen im kHz-Bereich erzeugt werden, nimmt der Betrachter nur eine der zeitlichen Auflösung des menschlichen Auges entsprechende "mittlere" Entladungsstruktur wahr, etwa in der Form einer Sanduhr. Die Anzahl der einzelnen Entladungsstrukturen ist unter anderem durch die eingekoppelte elektrische Leistung einflußbar. Nachteilig allerdings ist, daß einzelne Entladungsstrukturen ihren jeweiligen Ort entlang der Elektroden unter Umständen spontan ändern können, wodurch eine gewisse Instabilität der Strahlungsverteilung resultiert. Außerdem können sich die Entladungsstrukturen auch in Teilbereichen des Entladungsgefäßes häufen, wodurch die Leistungsverteilung in Bezug auf das gesamte Volumen des Entladungsgefäßes sehr ungleichmäßig sein kann.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die genannten Nachteile zu beseitigen und eine Strahlungsquelle mit einer bezüglich des Gesamtvolumens ihres Entladungsgefäßes gleichmäßigeren Leistungsvertei-

lung sowie mit einer, insbesondere zeitlich stabileren Gesamtentladung anzugeben. Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist die Verbesserung der Effizienz der Nutzstrahlungserzeugung.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst. Besonders vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Bestrahlungssystem anzugeben, welches die genannte Strahlungsquelle enthält. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 14 gelöst.

Der Grundgedanke der Erfindung besteht darin, mittels einer Vielzahl lokal begrenzter Verstärkungen des elektrischen Feldes gezielt räumlich bevorzugte Ansatzpunkte für die Einzelentladungen zu schaffen. Die Einzelentladungen werden gleichsam an die Stellen dieser lokalen Feldverstärkungen gezwungen und bleiben dort im wesentlichen ortsfest. Folglich ist die Gesamtstruktur der Entladung zeitlich weitgehend stabil. Die konkrete Form der Einzelentladungen spielt dabei nur eine untergeordnete Rolle. Zwar sind die eingangs genannten delta- und sanduhrförmigen Einzelentladungen aufgrund ihrer hohen Effizienz der Nutzstrahlungserzeugung besonders geeignet. Gleichwohl ist die Erfindung nicht auf derart geformte Einzelentladungen beschränkt.

Die Stellen zur lokalen Feldverstärkung können durch verschiedene Maßnahmen realisiert werden, wie folgende vereinfachende Betrachtung zeigt. Bezeichnet $U(t)$ die an zwei im Abstand d angeordneten Elektroden angelegte zeitlich veränderliche Spannung, so resultiert daraus zwischen den Elektroden ein elektrisches Feld mit der näherungsweise Stärke $E(t) = U(t)/d$. Folglich können die lokalen Feldverstärkungen $E(r=r_i) = U(t)/d(r_i)$ durch lokales Verkürzen des Elektrodenabstandes $d(r)$ an den entsprechenden Stellen r realisiert werden, wobei $i = 1, 2, 3, \dots, n$ und n die Gesamtzahl der Feldverstärkungen bezeichnen.

Außerdem ist die elektrische Feldstärke $E(r)$ im Entladungsraum durch die kapazitive Wirkung der dielektrischen Schicht(en) der behinderten Elektrode(n) einflußbar. Durch die kapazitive Wirkung des Dielektrikums wird nämlich die elektrische Feldstärke $E(r)$ im Entladungsraum geschwächt. Erfindungsgemäße lokale Feldverstärkungen $E(r=r_i)$ sind folglich auch durch lokal begrenzte Verringerungen der (Gesamt)Dicke $b(r_i)$ und/oder durch Erhöhungen der relativen Dielektrizitätskonstante(n) $\epsilon(r_i)$ der dielektrischen Schicht(en) an den entsprechenden Stellen r realisierbar.

Die Stellen lokaler Feldverstärkung werden also durch den gezielten Aufbau mindestens einer der Elektroden und/oder des dielektrischen Materials geschaffen. Die geometrische Ausdehnung der Stellen ist dabei auf die konkreten Abmessungen der jeweiligen Einzelentladungen abgestimmt. Unter der Bezeichnung "Aufbau" sind dabei sowohl Form, Struktur, Material als auch räumliche Anordnung und Orientierung zu verstehen.

Die Abstandsverkürzungen $\Delta d(r_i)$ werden durch besonders geformte bzw. strukturierte Elektroden erzielt, die zudem in geeigneter Weise räumlich zueinander angeordnet sind. Die konkrete Ausführung der Elektrodenkonfiguration ist auf die Form bzw. Symmetrie des Entladungsgefäßes abgestimmt. Außerdem ist bei der Verwendung von bipolaren Spannungspulsen zu berücksichtigen, daß die Elektroden unterschiedlicher Po-

larität abwechselnd als Kathode bzw. Anode wirken und folglich idealerweise völlig gleich gestaltet sein sollten. Im Falle der Verwendung von unipolaren Spannungspulsen ist es hingegen zweckmäßig, nur die Kathode gezielt zu strukturieren bzw. zu formen, da dort die "Spitzen" der deltaförmigen Einzelentladungen ansetzen.

Für quaderförmige oder flächenartig ebene Entladungsgefäße eignen sich zwei oder mehrere im wesentlichen längliche Elektroden, die parallel zueinander angeordnet sind. Für die vorteilhafte Wirkung der erfindungsgemäßen Strukturierung der Elektrode spielt es keine Rolle, ob die Elektroden alle außerhalb oder innerhalb, auf einer Seite oder auf einander gegenüberliegenden Seiten des Entladungsgefäßes angeordnet sind. Wichtig ist nur, daß entweder mindestens eine Elektrode (einseitig dielektrisch behinderte Entladung) oder auch alle Elektroden (beidseitig dielektrisch behinderte Entladung) durch eine dielektrische Schicht von der Entladung getrennt ist bzw. sind.

Mindestens eine der Elektroden ist in der Gefäßebene in regelmäßigen Abständen mit Ausformungen versehen, die sich in Richtung der Gegenelektrode(n) derart erstrecken, daß dadurch eine vorgebbare Anzahl n von Abstandsverkürzungen $\Delta d(r_i)$ mit $i = 1, 2, 3, \dots, n$ erreicht wird. Geeignet sind z. B. stabförmige Elektroden mit nasenartigen Ausformungen oder "zickzack-" sowie rechteckartige Formen.

Halbkreisrunde bzw. halbkugelige Ausformungen sind besonders günstig, da in diesem Fall — im Unterschied zu rechteckigen oder dreieckigen Formen — sowohl jeweils ein definiert kürzester Abstand realisiert wird als auch unerwünschte Spitzenwirkungen vermieden werden.

Die Ausformungen bzw. Formgebungen der jeweiligen Elektrode sind so bemessen, daß die dadurch erzielten lokalen Feldverstärkungen $E(r_i)$ einerseits ausreichend hoch sind, um die Einzelentladungen zuverlässig an ausschließlich diesen Stellen r_i der Abstandsverkürzungen $\Delta d(r_i)$ zu erzeugen. Andererseits ist das von den Ausformungen bzw. durch die Formgebung der Elektrode beanspruchte Teilvolumen des Entladungsgefäßes von den Einzelentladungen selbst nicht nutzbar. Unter der Vorgabe, ein möglichst kompaktes Entladungsgefäß bzw. ein effizient genutztes Gefäßvolumen zu schaffen, ist daher eher eine relativ geringe Abstandsverkürzung anzustreben. Im Einzelfall ist also ein akzeptabler Kompromiß zu finden.

Typische Verhältnisse zwischen Abstandsverkürzung $\Delta d(r_i)$ und effektiver Schlagweite w für die Einzelentladungen liegen im Bereich zwischen ca. 0,1 und 0,4. Als effektive Schlagweite w ist hier der um die Dicke b des Dielektrikums verminderte jeweilige Abstand $d(r_i)$ zwischen einander benachbarten Elektroden unterschiedlicher Polarität an den Stellen r_i bezeichnet, also $w = d(r_i) - b$.

Für zylindrische Entladungsgefäße eignet sich insbesondere eine Kombination aus einer wendelförmigen und einer oder mehrerer länglicher Elektroden. Die wendelförmige Elektrode ist bevorzugt zentrisch axial im Innern des Entladungsgefäßes angeordnet. Die längliche Elektrode bzw. Elektroden sind in einem vorgebbaren Abstand zur Mantelfläche der Elektrodenwendel, beispielsweise auf der Außenwandung des Zylindermantels des Entladungsgefäßes, bevorzugt parallel zur Zylinderlängsachse angeordnet. Durch diese gezielte Formgebung sowie Anordnung der Elektroden ist eine Vielzahl voneinander getrennter Stellen mit verkürzten

Elektrodenabständen geschaffen. Die Ganghöhe — d. h. die Strecke, innerhalb der die Wendel eine vollständige Umdrehung ausführt — ist bevorzugt ungefähr so groß wie die maximalen Querausdehnung — bei deltaartigen Formen entspricht dies der Fußbreite — der Einzelentladungen oder größer, um ein Überlappen der Einzelentladungen zu verhindern.

In der DE 41 40 497 A1 ist zwar bereits ein Hochleistungsstrahler, insbesondere für ultraviolettes Licht, mit einer wendelförmigen Innenelektrode offenbart. Diese Innenelektrode dient allerdings lediglich der Ankopplung eines Pols einer Wechselspannungsquelle an einen als verteilte Zusatzkapazität wirkenden Formkörper. Die Ankopplung des elektrischen Wechselfeldes wird durch eine Flüssigkeit mit hoher Dielektrizitätskonstante, vorzugsweise demineralisiertes Wasser ($\epsilon = 81$) unterstützt. Außerdem ist die Gegenelektrode in Form eines Drahtnetzes realisiert. Jeweils lokal auf die Einzelentladungen der eingangs geschilderten Art begrenzte Feldverstärkungen resultieren aus dieser Konfiguration nicht. Folglich ist damit weder eine Erzeugung noch eine erfindungsgemäße Separierung von entsprechenden Einzelentladungen möglich.

Zur Vervollständigung der Strahlungsquelle zu einem Bestrahlungssystem sind die Elektroden der Strahlungsquelle wechselweise mit den beiden Polen einer Impulsspannungsquelle verbunden. Die Impulsspannungsquelle liefert durch Pausen unterbrochene Spannungspulse, wie beispielsweise in der WO 94/23442 offenbart.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist es, die Überlappung von Einzelentladungen weitgehend zu verhindern oder aber mindestens einzuschränken. Es hat sich nämlich gezeigt, daß die Effizienz für die Erzeugung von Nutzstrahlung mit abnehmender Überlappung zunimmt. Auf der anderen Seite läßt sich durch Zusammenrücken bzw. Überlappen der Einzelentladungen die in das Volumen des Entladungsgefäßes einkoppelbare elektrische Leistung steigern. Daher ist im Einzelfall ein geeigneter Kompromiß zwischen der Höhe der Leistung (stärkere Überlappung) und der Höhe der Effizienz (geringere Überlappung) zu wählen. Je nach Anforderung kann dabei entweder der absolute Wert der Strahlungsleistung oder die Effizienz der Strahlungsleistung, d. h. im Falle von sichtbarer Strahlung die Höhe des Lichtstroms bzw. der Lichtausbeute, stärker gewichtet werden.

Unter diesen Gesichtspunkten hat sich ein auf die maximale Querausdehnung der Einzelentladungen normierter Abstand im Bereich von ca. 0,5 bis 1,5 als geeignet erwiesen. Dabei bedeuten normierte Abstände von z. B. 0,5, 1 und 1,5, daß die Mittelachsen benachbarter Teilentladungen um die Hälfte, das Einfache bzw. Eineinhalbfache ihrer maximalen Querausdehnung voneinander entfernt sind, was einer Überlappung, einer Berührung ohne Überlappung bzw. einer Beabstandung der Teilentladungen entspricht. Im Falle beabstandeter Teilentladungen, d. h. daß zwischen den Teilentladungen ein entladungsfreier Bereich ist, kann eine gegenseitige Beeinflussung der Teilentladungen weitgehend ausgeschlossen werden.

Die Erfindung wird im folgenden anhand einiger Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung einer Entladungsanordnung für eine gepulste, einseitig dielektrisch behinderte Entladung mit zwei nebeneinander angeordneten Elektroden mit lokalen Verkürzungen des Elektrodenabstandes,

Fig. 2 eine Variation der Anordnung aus Fig. 1 mit

zwei Anoden und sägezahnförmiger Kathode,

Fig. 3 eine weitere Variation der Anordnung aus Fig. 1 mit zwei Anoden und stufenförmiger Kathode,

Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel eines Flachstrahlers mit einer Kathode mit nasenartigen Fortsätzen,

Fig. 5a ein Ausführungsbeispiel einer zylindrischen Entladungslampe mit einer spiralförmigen Kathode in Seitenansicht,

Fig. 5b den Querschnitt entlang A-A der in Fig. 5a gezeigten Entladungslampe,

Fig. 5c einen Teil eines Längsschnittes entlang B-B der in Fig. 5a gezeigten Entladungslampe.

Fig. 1 dient in erster Linie zur Erläuterung des Prinzips der Erfindung — nämlich die gezielte Lokalisierung der Einzelentladungen einer gepulsten dielektrisch behinderten Entladung mittels lokaler Feldverstärkungen — und zwar anhand lokaler Verkürzungen des Elektrodenabstandes einer Entladungsanordnung 1. Zu diesem Zweck zeigt Fig. 1 einen Längsschnitt der Entladungsanordnung 1 mit zwei zueinander parallel im Abstand d angeordneten länglichen Elektroden 2, 3 in schematischer Darstellung. Eine erste 2 der beiden Elektroden 2, 3 ist durch eine dielektrische Schicht 4 vom angrenzenden, sich zwischen den beiden Elektroden 2, 3 erstreckenden Entladungsraum getrennt. Die zweite metallische Elektrode 3 ist hingegen unbeschichtet. Es handelt sich hierbei also um eine einseitig dielektrisch behinderte Entladungsanordnung, die besonders effizient mit unipolaren Spannungspulsen betrieben wird. Dabei ist die Polarität so gewählt, daß die dielektrisch behinderte Elektrode 2 als Anode und die unbehinderte Elektrode 3 folglich als Kathode wirken.

Die Kathode 3 weist vier nasenartige Fortsätze 9—12 auf, die der Anode 2 zugewandt sind. Dadurch werden an den Stellen der Fortsätze 9—12 lokal begrenzte Verstärkungen des elektrischen Feldes erzeugt. Diese gezielte Feldverstärkungen bewirken, daß — eine ausreichend hohe elektrische Leistung vorausgesetzt — an jedem dieser Fortsätze 9—12 jeweils eine deltaförmige Einzelentladung 5—8 mit ihrer Spitze ansetzt. Um ein unerwünschtes Wandern der Ansatzstellen für die Spitzen der Einzelentladungen 5—8 auf den Fortsätzen 9—12 zu verhindern oder zumindest zu begrenzen, ist die Transversalausdehnung s des jeweiligen Fortsatzes, d. h. die Ausdehnung längs der Kathode 3 relativ gering im Vergleich zur Breite f des Fußes einer Einzelentladung. Typisch beträgt die Transversalausdehnung s etwa $1/10$ von der Fußbreite f . Ein weiteres wichtiges Maß sind die Lateralausdehnungen l der Fortsätze 9—12, d. h. die Ausdehnung in Richtung der jeweils kürzesten Entfernung zur gegenüber liegenden Anode 2 — also die in der Beschreibung zuvor erläuterte Abstandsverkürzung $\Delta d(n)$. Der jeweilige Abstand zwischen den Fortsätzen 9—12 und der Anode — abzüglich der dielektrischen Schicht 4 — ergibt somit die effektive Schlagweite w für die Einzelentladungen 5—8. Folglich werden die Lateralausdehnungen l so bemessen, daß bei angelegter Elektrodenspannung $U(t)$ eine ausreichende Feldverstärkung $E(t) = U(t)/w$ erzielt wird, um ein zuverlässiges Ansetzen der Einzelentladungen 5—8 zu gewährleisten. Typisch liegt das Verhältnis von Lateralausdehnung l und effektiver Schlagweite w im Bereich zwischen ca. 0,1 und 0,4.

Die Abstände benachbarter Einzelentladungen 5—8 sind durch die Abstände a der zugehörigen Fortsätze 9—12 beeinflussbar. Zur Verdeutlichung dieses Konzeptes sind in der Fig. 1 die Abstände der aufeinander folgenden Fortsätze 9—12 und folglich auch der zugehö-

gen Einzelentladungen 5—8 unterschiedlich gewählt. Außerdem ist angenommen, daß die deltaförmigen Einzelentladungen 5—8 die Form eines gleichseitigen Dreiecks aufweisen. Der gegenseitige Abstand der beiden ersten Fortsätze 9 und 10 entspricht gerade der halben Fußbreite f der beiden zugehörigen Einzelentladungen 5 und 6, entsprechend einem auf die Fußbreite f normierten Abstand von 0,5. Folglich überlappen sich diese beiden Einzelentladungen 5 und 6 im Überlappbereich 13. Der gegenseitige Abstand des zweiten und dritten Fortsatzes 6 bzw. 7 entspricht gerade der ganzen Fußbreite f der beiden zugehörigen Einzelentladungen 6 und 7, entsprechend einem normierten Abstand von 1. Folglich schließen diese beiden Einzelentladungen 6 und 7 unmittelbar aneinander an, ohne Überlapp, aber auch ohne entladungsfreien Raum zwischen den Fußbereichen beider Einzelentladungen 6 und 7. Der gegenseitige Abstand des dritten und vierten Fortsatzes 11 bzw. 12 ist schließlich größer als die Fußbreite f der beiden zugehörigen Einzelentladungen 7 und 8, entsprechend einem normierten Abstand größer 1. Folglich sind diese beiden Einzelentladungen 7 und 8 von einander durch einen entladungsfreien Raum zwischen ihren Fußbereichen getrennt.

In den Fig. 2 und 3 sind Variationen der Entladungsanordnung von Fig. 1 mit jeweils zwei zueinander parallel angeordneten Anoden schematisch dargestellt. Gleichartige Merkmale sind mit gleichen Bezugsziffern versehen.

In Fig. 2 sind die lokalen Verkürzungen des Elektrodenabstandes durch eine in der Ebene der beiden Anoden 2a, 2b zentrisch angeordneten "zickzack"- bzw. sägezahnförmigen Kathode 14, beispielsweise aus einem Metalldraht gebogen, realisiert. Die sechs Zacken 15—20 der Kathode 14 weisen abwechselnd zu der einen bzw. anderen der beiden Anoden 2a, 2b. Auf diese Weise wird erreicht, daß bei entsprechender elektrischer Leistung an jeder der Zacken 15—20 genau eine deltaförmige Einzelentladung 21—26 ansetzt. Dabei enden die an den "ungeradzahlig"en Zacken, d. h. der ersten Zacke 15 und an den jeweils übernächsten Zacken 17 und 19 ansetzenden Einzelentladung 21, 23, 25 an der einen Anode 2a. Die an den dazwischen liegenden bzw. nächst folgenden "geradzahlig"en Zacken 16, 18, 20 ansetzenden Einzelentladung 22, 24, 26 enden hingegen an der gegenüber liegenden anderen Anode 2b. Die gegenseitigen Abstände der Einzelentladungen sind durch die entsprechenden Abstände der Zacken beeinflussbar. In der Fig. 2 sind die Abstände zwischen den übernächsten Nachbarzacken 15, 17; 17, 19 bzw. 16, 18 und 18, 20 jeweils genauso groß gewählt, wie die Fußbreite der Einzelentladungen 21—26. Folglich sind sowohl die "ungeradzahlig"en als auch die "geradzahlig"en Einzelentladungen 21, 23, 25 bzw. 22, 24, 26 jeweils unmittelbar aneinander angrenzend zu beiden Seiten der Kathode 14 aufgereiht.

In Fig. 3 ist gegenüber Fig. 1 lediglich die Kathode 27 geändert und zwar in der Weise, daß sich zentrisch zwischen den beiden Anoden 2a, 2b eine Folge von vier Stufen 28—31, beispielsweise aus einem Metalldraht gebogen, erstreckt. Die Stufen 28—31 sind abwechselnd zu der einen Anode 2a bzw. anderen Anoden 2b orientiert, so daß diese Stufen als lokale Verkürzungen des Elektrodenabstandes fungieren.

Die Entladungsanordnung in Fig. 3 eignet sich insbesondere für "vorhangähnliche" Entladungsstrukturen, wie sie unter bestimmten Entladungsbedingungen, z. B. relativ geringem Druck des Gases oder Gasgemisches

innerhalb des Entladungsgefäßes, erzeugt werden können. Unter diesen besonderen Bedingungen bilden sich also keine deltaförmige Einzelentladungen aus. Vielmehr brennen dann zwischen den Stufen 28, 30 und der benachbarten Anode 2a einerseits sowie zwischen den Stufen 29, 31 und der benachbarten Anode 2b andererseits jeweils rechteckartige Entladungen 32, 34 bzw. 33, 35.

In einer Variante ist die stufenartige Kathode zusätzlich von einer dünnen dielektrischen Schicht überzogen (nicht dargestellt). Auf diese Weise ist eine beidseitig dielektrisch behinderte Anordnung realisiert. Damit ist auch eine effiziente Betriebsweise mit bipolaren Spannungspulsen möglich. Dabei ändern sich die Ausrichtung der deltaförmigen Einzelentladungen ständig mit der wechselnden Polarität der Spannungspulse in entgegengesetzter Richtung. Bei typischen Pulswiederholungsfrequenzen im Bereich von einigen zehn Kilohertz entsteht der visuelle Eindruck von "sanduhrförmigen" Einzelentladungen (nicht dargestellt).

Darüber hinaus sind noch viele weitere geeignete Formen für die Kathode denkbar, die das erfindungsgemäße Merkmal lokal begrenzter Verkürzungen des Elektrodenabstands aufweisen. Insbesondere können die Elektroden auch in Form von Leiterbahnen auf einer Innen- oder Außenwandung des Entladungsgefäßes aufgedruckt sein, wie beispielsweise in der EP 0 363 832 A1 beschrieben. Wesentlich für die vorteilhafte Wirkung der Erfindung sind lediglich die zusätzlichen Mittel zur lokalen Feldverstärkung und zwar je ein Mittel pro Einzelentladung. Außerdem können die Elektroden statt in einer Ebene genauso gut räumlich angeordnet sein.

Die Fig. 4a und 4b zeigen in schematischer Darstellung eine Ausführungsform eines Bestrahlungssystems mit flächenartigem Strahler 36 und elektrischem Versorgungsgerät 37 teils im Längsschnitt bzw. im Querschnitt. Die Elektrodenanordnung ist ähnlich, wie die zur Erläuterung der Erfindungsidee in Fig. 1 gezeigte. Der Strahler 36 besteht aus einem länglichen quaderförmigen Entladungsgefäß 38 aus Glas. Im Innern des Entladungsgefäßes 38 befindet sich Xenon mit einem Fülldruck von ca. 8 kPa. In der Längsachse des Entladungsgefäßes 38 ist eine erste, mit dem Minuspol des Versorgungsgeräts 37 verbundene Elektrode 39 (Kathode) zentrisch angeordnet. Auf den Außenwandungen der beiden zur Längsachse parallelen schmalen Seitenflächen 40a, 40b sind jeweils eine weitere, mit dem Pluspol des Versorgungsgeräts 37 verbundene streifenförmige Elektrode 41a, 41b (Anode) aus Aluminiumfolie angeordnet. Die Kathode 39 besteht aus einem Metallstab, der im gegenseitigen Abstand von ca. 15 mm mit drei Paaren von nasenartigen Fortsätzen 42a, 42b—44a, 44b versehen ist. Die beiden Fortsätze eines jeden Paares 42a, 42b—44a, 44b sind in entgegen gesetzter Richtung und zu je einer der beiden Anoden 41a, 41b hin orientiert. Die Fortsätze 42a, 42b—44a, 44b sind halbkreisförmig mit einem Durchmesser von ca. 2 mm ausgebildet. Die Lateralausdehnung l in Richtung jeweiliger Anode beträgt also ca. 1 mm. Zusammen mit einer effektiven Schlagweite w von ca. 9 mm folgt daraus für den Quotienten l/w ein Wert von ca. 0,11. Das Versorgungsgerät 37 liefert im Betrieb eine Folge von negativen Spannungspulsen mit Breiten (volle Breite bei halber Höhe) von ca. 1 μ s und einer Pulswiederholungsfrequenz von ca. 80 kHz. Damit können innerhalb des Entladungsgefäßes 38 an jedem der Fortsätze 42a, 42b—44a, 44b je eine deltaförmige Einzelentladung 45a, 45b—47a, 47b erzeugt werden. Dabei setzt jede Einzelentladung mit ih-

rer Spitze an einem Fortsatz an und verbreitert sich bis zur als dielektrische Schicht wirkenden gegenüberliegenden Seitenwand 40a, 40b, auf deren Außenwandung die zugehörige Anode 41a, 41b befestigt ist.

In Fig. 5a ist die Seitenansicht, in Fig. 5b der Querschnitt und in Fig. 5c ein Teillängsschnitt einer weiteren Ausführungsform einer Entladungslampe 48 gezeigt. Sie ähnelt in ihrer äußeren Form konventionellen Lampen mit Edison-Sockel 49. Innerhalb des kreiszylindrischen Entladungsgefäßes 50 aus 0,7 mm dickem Glas ist eine längliche Imnenelektrode 51 zentrisch angeordnet. Das Entladungsgefäß 50 weist einen Durchmesser von ca. 50 mm auf. Das Innere des Entladungsgefäßes 50 ist mit Xenon bei einem Druck von 173 hPa gefüllt. Die Imnenelektrode 51 ist aus Metalldraht als rechtsdrehende Wendel geformt. Die jeweiligen Durchmesser des Metalldrahtes und der Wendel 51 betragen 1, 2 mm bzw. 10 mm. Die Ganghöhe h — d. h. die Strecke, innerhalb der die Wendel eine vollständige Umdrehung ausführt — beträgt 15 mm. Dieser Wert entspricht ungefähr der Fußbreite f der deltaförmigen Einzelentladungen. Auf der Außenwandung des Entladungsgefäßes 50 sind vier Außenelektroden 52a—52d in Form von 8 cm langen Leitsilberstreifen äquidistant und parallel zur Wendellängsachse angebracht. Folglich gibt es pro Windung jeweils vier äquidistante Stellen 53a—53d auf der Außenfläche der Wendelelektrode 51, die den korrespondierenden Außenelektroden 52a—52d unmittelbar benachbart sind. An diesen vier Stellen mit kürzester Schlagweite w setzt jeweils die Spitze einer deltaförmigen Einzelentladung 54a—54d an und verbreitert sich bis zur Innenwandung des Entladungsgefäßes 50 in Richtung Außenelektroden 52a—52d. Diese Stellen kürzester Schlagweite wiederholen sich von Windung zu Windung und längs der Außenelektroden 52a—52d. Auf diese Weise brennen die Einzelentladungen gezielt voneinander separiert in zwei sich senkrecht in der Lampenlängsachse schneidenden Ebenen, wobei jede Ebene durch zwei gegenüberliegende Außenelektroden 52a, 52c bzw. 52b, 52d hindurch verläuft. Außerdem ist durch die gezielte Wahl von $h \approx f$ gewährleistet, daß sich die Einzelentladungen längs der Außenelektroden 52a—52d nicht gegenseitig überlappen.

Im Bereich des Sockels des Entladungsgefäßes 50 sind die Außenelektroden 52a—52d mittels eines ringförmig auf die Außenwand angebrachten Leitsilberstreifens 52e miteinander elektrisch leitend verbunden. Die Innenwand des Entladungsgefäßes 50 ist mit einer Leuchtstoffschicht 55 beschichtet. Es handelt sich dabei um einen Dreibandleuchtstoff mit der Blaukomponente $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}^{2+}$, der Grünkomponente $\text{La-PO}_4:(\text{Tb}^{3+}, \text{Ce}^{3+})$ und der Rotkomponente $(\text{Gd,Y})\text{BO}_3:\text{Eu}^{3+}$. Damit werden im Pulsbetrieb mit Spannungspulsen von ca. 1,2 μ s Pulsbreite, jeweils voneinander getrennt durch 37, 4 μ s Pausendauer, eine Lichtausbeute von ca. 45 lm/W erzielt. Dies entspricht gegenüber der in der WO 94/23442 offenbarten Lampe ähnlichen Typs, aber mit Stabelektrode, d. h. ohne gezielte Separierung der Einzelentladungen, einer Ausbeutesteigerung von ca. 12—13%. In einer Variante ist ein Vorschaltgerät (nicht dargestellt), welches die für den Betrieb der Lampe erforderlichen Spannungspulse liefert, in den Lampensockel 49 integriert.

Die Erfindung ist nicht auf die angegebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Insbesondere können einzelne Merkmale verschiedener Ausführungsbeispiele in geeigneter Weise miteinander kombiniert werden.

1. Strahlungsquelle (36; 48), insbesondere Entladungslampe (48), die für den Betrieb einer dielektrisch behinderten, gepulsten Entladung geeignet ist, wobei die Strahlungsquelle (36; 48) ein zumindest teilweise transparentes und mit einer Gasfüllung gefülltes geschlossenes (38; 50) oder von einem Gas oder Gasgemisch durchströmtes offenes Entladungsgefäß aus elektrisch nichtleitendem Material sowie Elektroden (39, 41a, 41b; 51, 52a—52d) aufweist, wobei mindestens eine der Elektroden (41a, 41b; 52a—52d) vom Innern des Entladungsgefäßes durch dielektrisches Material (40a, 40b; 50) getrennt ist und wobei während des gepulsten Betriebes zwischen den Elektroden entgegengesetzter Polarität jeweils ein elektrisches Feld erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, daß durch den Aufbau mindestens einer der Elektroden und/oder des dielektrischen Materials Stellen zur lokalen Verstärkung des elektrischen Feldes geschaffen sind derart, daß während des gepulsten Betriebes eine oder mehrere dielektrisch behinderte Einzelentladungen ausschließlich an diesen Stellen erzeugt werden, wobei pro Stelle höchstens eine Einzelentladung erzeugt wird.
2. Strahlungsquelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der gegenseitige Abstand der einzelnen Stellen zur lokalen Verstärkung des elektrischen Feldes derart gewählt ist, daß die Einzelentladungen im wesentlichen nicht überlappen.
3. Strahlungsquelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der auf die maximale Querausdehnung der Einzelentladungen normierte Abstand der einzelnen Stellen zur lokalen Verstärkung des elektrischen Feldes im Bereich zwischen ca. 0,5 und 1,5, bevorzugt im Bereich zwischen 0,9 und 1,3 liegt.
4. Strahlungsquelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der die Stellen zur lokalen Feldverstärkung geschaffene Aufbau mindestens einer der Elektroden zur Erzeugung derart ist, daß die Elektroden entgegengesetzter Polarität lokal begrenzte Abstandsverkürzungen aufweisen.
5. Strahlungsquelle nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die lokal begrenzten Abstandsverkürzungen als nasenartige Fortsätze (9—12; 42a; 42b—44a; 44b) realisiert sind.
6. Strahlungsquelle nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Fortsätze (42a; 42b—44a; 44b) eine halbkreisrunde bzw. halbkugelige Form aufweisen.
7. Strahlungsquelle nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die lokal begrenzten Abstandsverkürzungen mittels einer Elektrode (27) mit der Form einer Rechteckwelle realisiert sind.
8. Strahlungsquelle nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die lokal begrenzten Abstandsverkürzungen mittels einer sägezahnförmigen Elektrode (14) realisiert sind.
9. Strahlungsquelle nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die lokal begrenzten Abstandsverkürzungen mittels einer wendelförmigen Elektrode (51) und mindestens einer länglichen Gegenelektrode (52a—52d) realisiert sind, wobei die Gegenelektrode(n) (52a—52d) im wesentlichen parallel zur Längsachse der wendelförmigen Elektrode (51) angeordnet ist(sind).
10. Strahlungsquelle nach Anspruch 4, dadurch ge-

kennzeichnet, daß die Ganghöhe (h) der wendelförmigen Elektrode (51) mindestens der maximalen Querausdehnung (f) der Einzelentladungen (54a) entspricht.

11. Strahlungsquelle nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis zwischen dem Wert der lokalen Abstandsverkürzungen (l) und der Schlagweite (w) für die Einzelentladungen im Bereich zwischen ca. 0,1 und 0,4 liegt.

12. Strahlungsquelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der die Stellen zur lokalen Feldverstärkung geschaffene Aufbau des dielektrischen Materials durch entsprechend lokal begrenzte Verringerungen der Dicke der dielektrischen Schicht realisiert ist.

13. Strahlungsquelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der die Stellen zur lokalen Feldverstärkung geschaffene Aufbau des dielektrischen Materials durch entsprechend lokal begrenzte Erhöhungen der relativen Dielektrizitätskonstante realisiert ist.

14. Bestrahlungssystem mit einer Strahlungsquelle (36), insbesondere einer Entladungslampe, und einer Spannungsquelle (37), welche Spannungsquelle (37) fähig ist, eine Folge von Spannungspulsen zu liefern, wobei die einzelnen Spannungspulse jeweils durch Pausenzeiten voneinander getrennt sind, welche Strahlungsquelle (36) für eine dielektrisch behinderte, gepulste Entladung geeignet ist, wobei die Strahlungsquelle (36) ein zumindest teilweise transparentes und mit einer Gasfüllung gefülltes geschlossenes (38) oder von einem Gas oder Gasgemisch durchströmtes offenes Entladungsgefäß aus elektrisch nichtleitendem Material sowie Elektroden (39; 41a; 41b) aufweist, wobei mindestens eine der Elektroden (41a; 41b) vom Innern des Entladungsgefäßes durch dielektrisches Material (38) getrennt ist, welche Elektroden (39; 41a; 41b) mit der Spannungsquelle (37) verbunden sind und wobei während des gepulsten Betriebes zwischen den Elektroden entgegengesetzter Polarität jeweils ein elektrisches Feld erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, daß durch den Aufbau mindestens einer der Elektroden und/oder des dielektrischen Materials Stellen zur lokalen Verstärkung des elektrischen Feldes geschaffen sind derart, daß während des Betriebes der Spannungsquelle (37) eine oder mehrere dielektrisch behinderte Einzelentladungen ausschließlich an diesen Stellen erzeugt werden, wobei pro Stelle höchstens eine Einzelentladung erzeugt wird.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

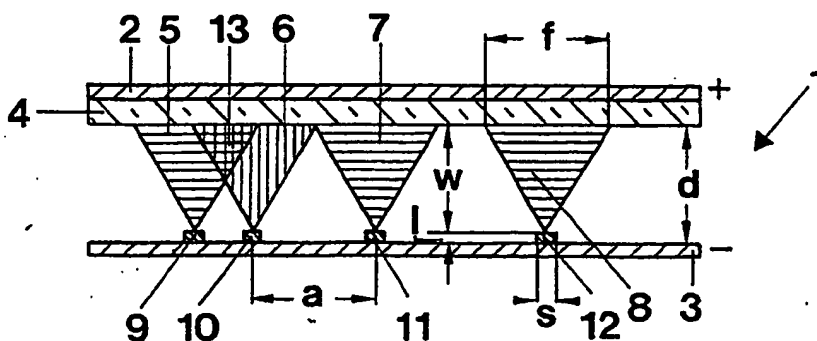


FIG. 1

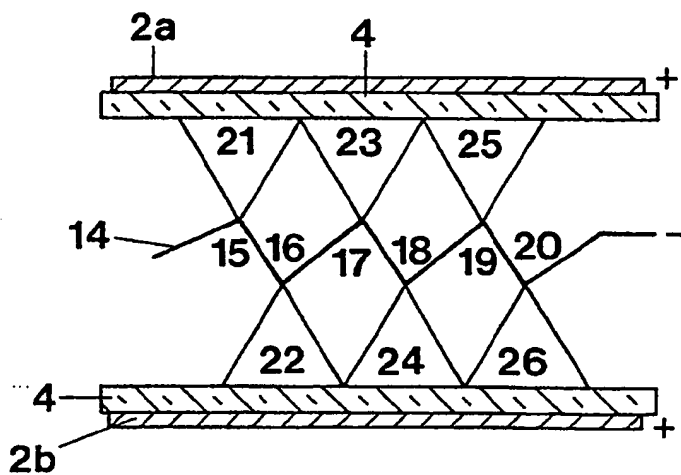


FIG. 2

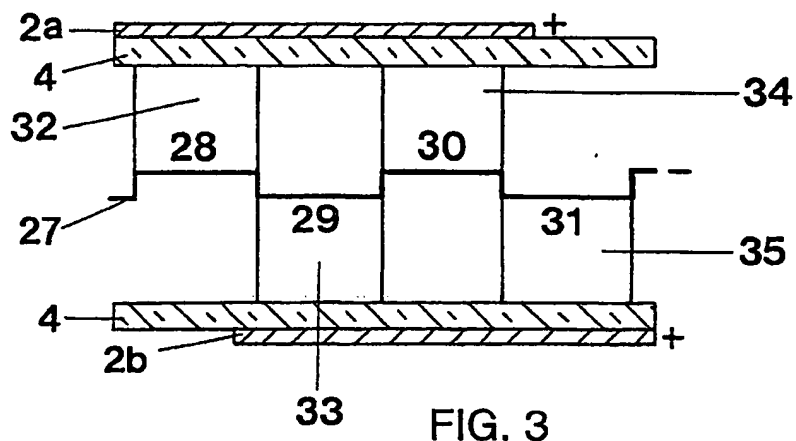


FIG. 3

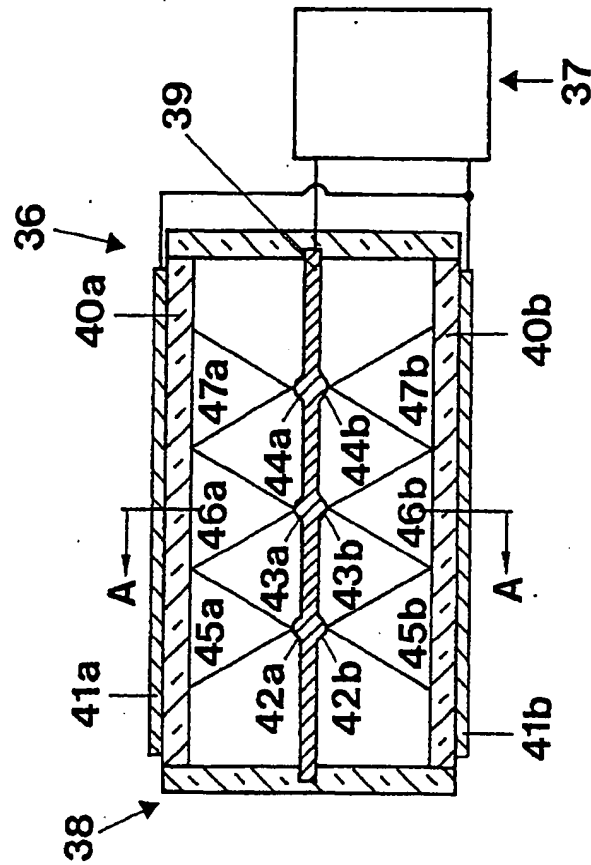


FIG. 4a

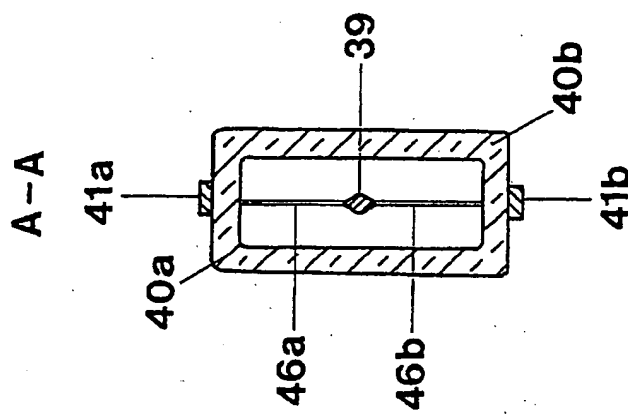


FIG. 4b

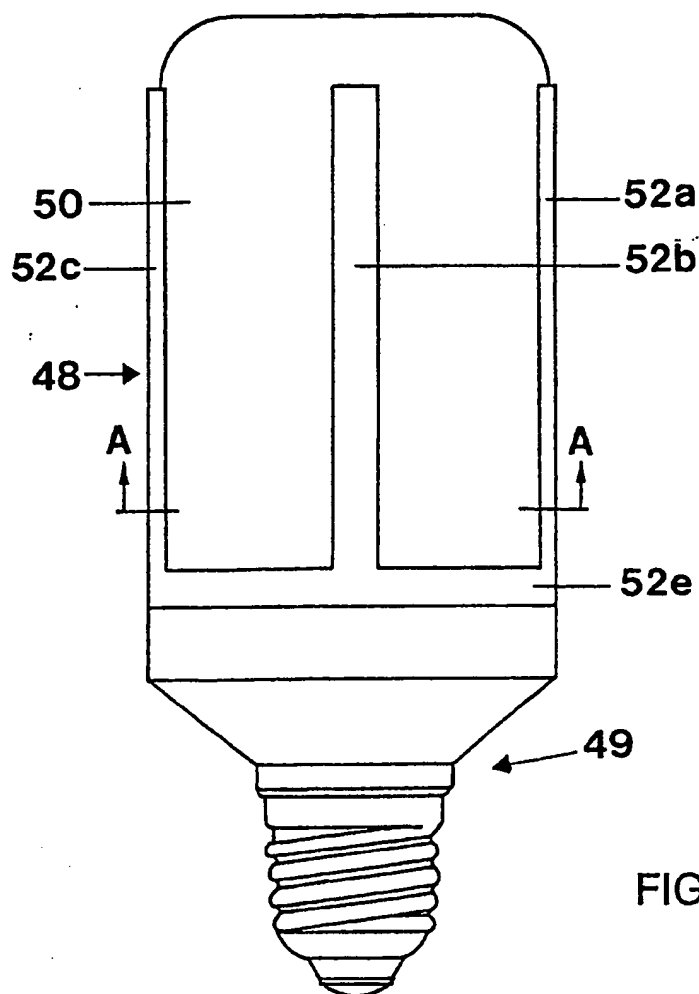


FIG. 5a

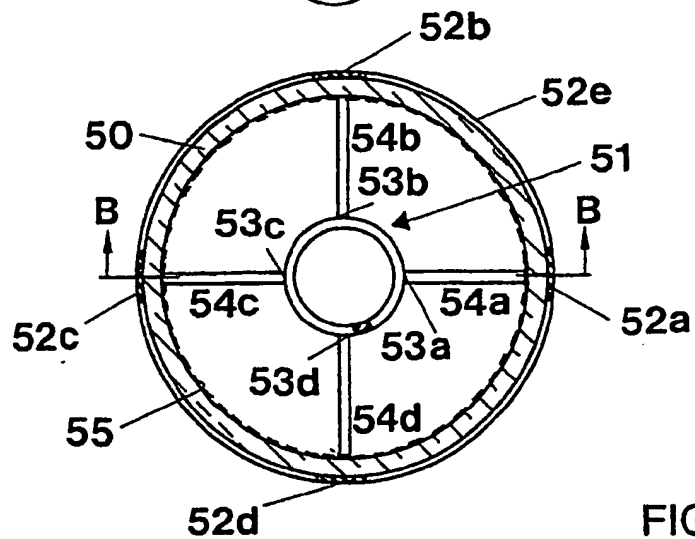
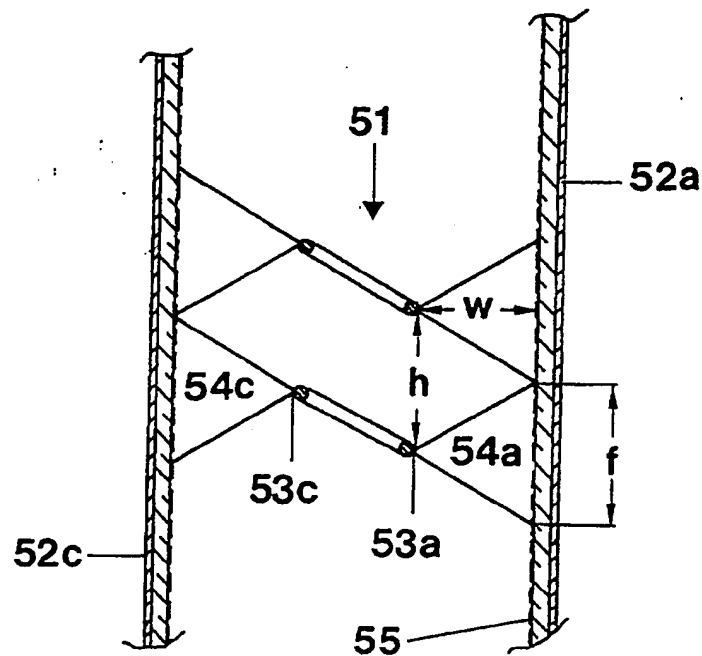


FIG. 5b

A-A



B-B

FIG. 5c